

種々の特性向上が期待される。

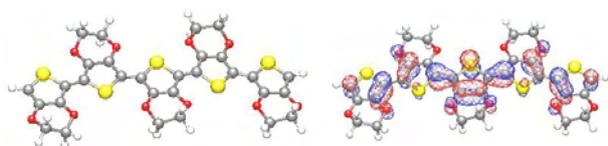


図 17.0 電荷ドープした
PEDOT3 量体の構造

図 17.1 有機溶媒中
(誘電率 48.9)

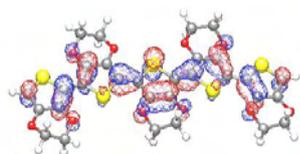


図 17.2 水中
(誘電率 78.4)



図 17.3 開発した 有機
溶媒(中性)可溶 PEDOT

5.3 特性安定性の改善(歩留まり改善)

点字デバイスは、点字ドットの数だけアクチュエータ素子が必要であり、数多くの素子を効率よく作製するために、特性安定化を目的とした種々の改善検討を行ない効果が得られた。その幾つかを紹介する。

◇ESDによる電解質膜作製

通常、高分子アクチュエータの電解質膜は、キャスト法で製膜した、イオン液体と高分子樹脂から成る電解質膜ゲルである。この電解質膜の特性ばらつき改善の為、ESD(エレクトロスピニングデポジション)装置でイオン液体が含浸されたファイバー状の電解質膜を作製したことで、素子特性の安定性、応答性が改善された。

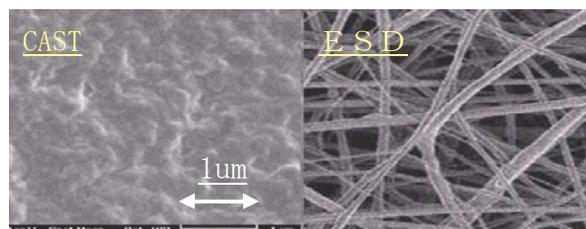


図 18.0 電解質膜 SEM画

ESD による電解質膜

電極膜(CAST 法)

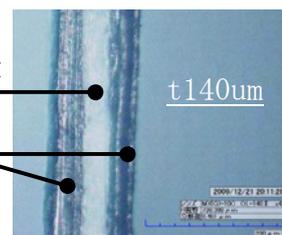


図 18.1 素子断面写真

◇アプリーケータ法による製膜

電極膜や電解質膜などの製膜をアプリーケータ製法で実施(通常:キャスト法)。溶剤濃度や材料条件の調整で、10%程度改善した。

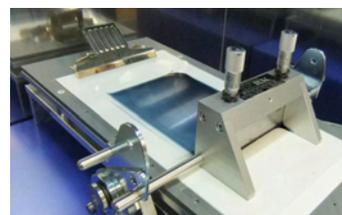


図 19.0 アプリーケータでの製膜

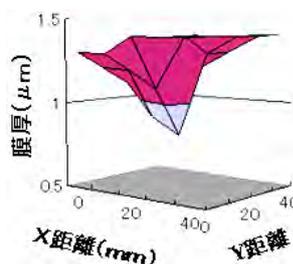


図 19.1 膜厚分布(キャスト)

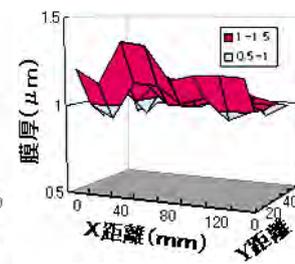


図 19.2 膜厚分布(アプリーケータ)

D. 考察

1. 点字高さのばらつき

ユーザー評価で課題提示が多かった点字高さのばらつきについては、視覚上の高さの影響と同等に、点字ドットの発生荷重のばらつきが大きく影響したものと考えられる。現段階で、それら許容値は判明していないが、多くのユーザーに許容させる為には、少々、点字デバイスの厚みを犠牲にしても、機構的な工夫で点字ドット高さと発生力を高い値で安定化させる必要があるように考える。これ

は、耐久性の改善についても同様で、実用化に幾つか課題があるが優れた点が多い高分子アクチュエータを活かし優れた点字デバイスを早期実用化する為に必要で重要な手段と考えている。

2. ドライブ回路

本プロジェクトではドライバ内蔵の点字デバイス試作2号機を開発したが、24文字分の144素子を駆動するようなICを本プロジェクトで開発するわけにもいかず、汎用ICドライバを複数並べることで具現化した。製品実用化する点字デバイスの製品形態によっては専用ICの開発が必要となるかもしれない。その意味に於いても、本プロジェクトで東京大学 染谷先生、関谷先生が開発を担当された「可撓性がある高集積・高駆動電流の有機トランジスタドライバ」の早期実用化が期待される。

3. ユーザー評価用試作機

試作2号機は、試作1号機に対して、表示文字数のみならず種々改善された点が多かったが、ユーザー評価などの実験には、専ら試作1号機が試作2号機完成後も多様される形となった。試作2号機は、アクチュエータが144素子実装され且つドライバー一体型であることから、メンテナンス性が悪かったためである。今後、ユーザー評価を想定する対象試作機については、実験メンテナンス性(アクチュエータの交換など)をより考慮した開発の進め方が必要であると考えている。

E. 結論

高分子アクチュエータを使い、視覚障害者が実際に識字可能な「厚さ3mmの薄型点字デバイス(6文字)」と「携帯電

話モック組み込み型の点字デバイス(24文字)」を開発した。今後、課題として確認された点字ドット高さのばらつきや耐久性などについて、アクチュエータ素子特性とデバイス構造の両面からの改善に取り組み、実用化検討を進めていきたい。

G. 研究発表

平成21年11月25～27日に大阪千里で開催された人工筋肉コンファレンスに、当プロジェクトの中間成果報告として、試作した点字デバイス1号機(6文字/36ドット)を出展した。



図20 人工筋肉コンファレンス出展風景

また、平成22年2月23～24日に国立点字図書館や日本ライトハウスなどで行われたユーザー評価実験(視覚障害者による点字デバイス試作機の実際評価:主管 慶應大学 中野先生、新井先生)に参画させて頂き、この一部の模様は”NHK ニュースウオッチ9 “の番組内で「動く点字の最新技術」として放送された。今後については、“CEATEC JAPAN”や“ALPS SHOW”などの展示会での発表を検討中である。

学術会発表的には、点字デバイスを焦点とした学会発表は未定であるが、高分子アクチュエータの当プロジェクト研究成果をより発展させ、共同研究先の産総研 安積先生、杉野先生らと、日本化学会や日本分析化学会などでの発表を検討中である。

H. 知的財産権の出願登録状況

当プロジェクトによって、次の10件の発明が生じた。

- ・点字デバイス構造関連 : 4件
- ・点字デバイス駆動方式関連 : 1件
- ・アクチュエータ駆動方式関連 : 2件
- ・アクチュエータ材料・製法関連 : 3件

内9件は、当社単独出願（済）、1件は、産総研 安積先生、杉野先生、三谷先生との共同出願（準備中）である。

以上

障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト 分担研究報告書

フレキシブルシート型有機トランジスタドライバの開発
研究分担者 福田 憲二郎、関谷 毅、染谷 隆夫

研究要旨

曲面にも実装可能であり、大面積・軽量という特徴を有した点字ディスプレイの実現に向けて、駆動部分となる有機電界効果トランジスタ回路の作製および特性の評価を行った。極薄なゲート絶縁膜として自己組織化単分子膜を用い、新規半導体材料を採用することで 3 V 駆動で 3 mA 以上という高性能を有する有機トランジスタの作製に成功した。また、動作高速化に必要な有機 SRAM の作製・評価を行い、1.5 ミリ秒という高速動作を示した。これらの技術を組み合わせることにより、24 文字の点字表示が 2 秒以下という、非常に高速動作可能であることが示された。

A. 研究開発目的

本研究の目的は、軽量・薄型・フレキシブル・低電圧駆動のアクチュエータ駆動用電界効果トランジスタ(FET)回路の開発である。駆動トランジスタの特性は、アクチュエータの駆動電圧とのマッチングから駆動電圧は 3 V 程度、電流値 3 mA 程度が目標値となる。実際に駆動 FET とアクチュエータを集積化し、変位 300 μm を達成させることを目標として研究開発を行った。また、動作高速化実現のために、有機 Static random access memory (SRAM)の作製も行い、その動作評価を行った。

B. 研究開発方法

1. デバイス構造

本研究における回路構成は図 1 で示されている。はじめに有機 SRAM に” high” もしくは” Low” の情報を書き込み、その情報を駆動 FET に伝えることでアクチュエータの上昇・下降を制御するという構成になっている。

低電圧・大電流駆動有機トランジスタの実現を目指し、本研究においてゲート絶縁膜は厚さ約 2 nm の自己組織化単分子膜(SAM)を用い、有機半導体材料として、大気安定、高移動度の性能を持つジナフトチエノチオフェン(DNTT)を用いた。断面構造を図 2 に示す。

2. 作製手法

①ゲート絶縁膜成膜

厚さ 75 μm のプラスチック基板の上に、厚さ 20nm のアルミニウムを、真空蒸着装置を用いて成膜した。パターニングにはメタルマスクを使用した。

②ゲート絶縁膜形成

プラズマアッシング装置を用い、アルミニウム表面を酸化させることで厚さ約 4nm の酸化アルミニウムを形成した。その後テトラデシルホスホン酸を溶かした 2-プロパノール溶液に基板全体を浸し、ホスホン酸分子を自己組織的に成膜し、SAM 絶縁膜を形成した。

③有機半導体層成膜

p型有機半導体である DNTT を、真空蒸着措置を用いて 30 nm 堆積させた。パターンニングにはメタルマスクを用いた。

④ソース・ドレイン電極形成

金 50 nm を、真空蒸着を用いて成膜した。アクチュエータ駆動用トランジスタのチャンネル幅(W)及びチャンネル長(L)はそれぞれ 100000 μm 、20 μm である。

通常市販されているメタルマスクの開口精度は、せいぜい 50 μm であるであるが、本研究では、メーカーと共同開発した特殊な工法によって作製された 20 μm 精度のマスクを用いた。この電極の微細化により、電流値のみならず動作速度を 2 倍以上高めることが出来た。

有機駆動回路を作製後に、最終的にこの回路をカーボンナノチューブアクチュエータと集積化する必要がある。そのためトランジスタ回路全体を本プロジェクトで購入したパリレンコータにより製膜した。この高品質絶縁薄膜を回路に用いることで、有機トランジスタの移動を損ねることなく、アクチュエータとの集積化を可能にすることができた。絶縁膜の製膜条件を最適化することで、電気的機械的に優れた保護封止膜を施すことに成功した。

作製した駆動 FET の全体写真・及び拡大写真を図 3 に示す。作製したデバイスの重さは 0.5 g、厚さは 75 μm である。また、限界折り曲げ半径は 4 mm であり、フレキシブル・軽量という特長を有している。また、作製した有機 SRAM の全体写真を図 4 に示す。

C. 研究開発結果

1. 駆動 FET の特性

駆動 FET の伝達特性及び応答特性を

図 5 に示す。3 V 駆動において、電流値 4.9 mA、オンオフ比 10^6 が達成されている。伝達特性から見積もられた、飽和領域での移動度は 1.0 cm^2/Vs であった。

2. 駆動 FET とアクチュエータの集積化

駆動 FET とアクチュエータを集積化した際のアクチュエータの変位、及びアクチュエータに流れる電流値を測定した。ソース・ドレイン間電圧(V_{DS})を 2 ~ -2 V (周期 0.1 Hz)の印加条件で固定し、ゲート・ソース電圧(V_{GS})を -2.5 V から -4 V まで変化させ、それぞれの V_{GS} の条件におけるアクチュエータの変位を観測した。図 6 にその結果を示す。駆動 FET の $V_{\text{GS}} = -2.5 \text{ V}$ の条件では最大変位は 200 μm であったが、 $V_{\text{GS}} = -4 \text{ V}$ の条件では最大変位 450 μm が達成された。また、点字認識に必要なとされる 300 μm の変位を得るまでに必要な時間は、 $V_{\text{GS}} = -3 \text{ V}$ では 3 秒、 $V_{\text{GS}} = -4 \text{ V}$ では 1.8 秒であった。

3. 有機 SRAM の特性

作製した有機 SRAM の書き込み時間の測定を行った。SRAM 測定には 10 電極以上を同時に制御する必要が生じるが、本プロジェクトで購入したマルチファンクションプローブおよびプローブステーションを用いることでこの測定を可能にすることができた。ワードライン(WL)を 2 V の状態から -2 V の状態に変化させた際にビットライン(BL)の電圧値を DATAb に書き込む時間を測定した。BL の電圧値 0 V(Low)および 2 V(High)のそれぞれについて、書き込み時間の測定を行った。その結果 BL = Low の書き込み速度は 0.3 ミリ秒(図 7 左)、BL = High の書き込みは 1.5 ミリ秒(図 7 右)であっ

た。

D. 考察

今回、SAM 絶縁膜と DNTT 半導体材料を用いることで、点字表示に必要な電流値 3 mA 以上という性能を 3 V 駆動で達成することが出来た。実際にアクチュエータとの集積化を行った結果、動作時間が 1.8 秒であり、十分に高速動作することが確認された。6 文字×4 列、12×12 ラインの点字ディスプレイを仮定した場合、駆動 FET のみでの全体の表示速度は $1.8 \text{ s} \times 12 = 21.6$ 秒と見積もられる。

有機 SRAM については 2 V 駆動で 1.5 ミリ秒という非常に高速なデバイスの作製に成功した。これは有機 FET を用いた SRAM としては世界最高性能である。有機 SRAM を用いることで、上記のディスプレイ全体の表示速度は $0.0015 \times 12 + 1.8 = 1.82$ 秒と見積もられる。これは熟練の点字読者にとってもストレス無く読むことの可能な速度が達成可能であることを示している。また、ディスプレイの素子数が増えた場合にも殆ど表示速度を殆ど低減せずに全体表示が可能である。

E. 結論

有機 FET を用いることで、薄型・軽量・フレキシブルなアクチュエータ駆動回路の作製に成功した。これは本研究の点字デバイスが大面積用途・様々な場所に実装化させるために必須の技術であり、有機 FET を用いた回路が点字表示に必要な性能を有していることが示された。

G. 研究発表

現時点ではないが、来年度、発表を行う予定である。

H. 知的財産権の出願・登録状況

本調査研究そのものの出願・登録はない。

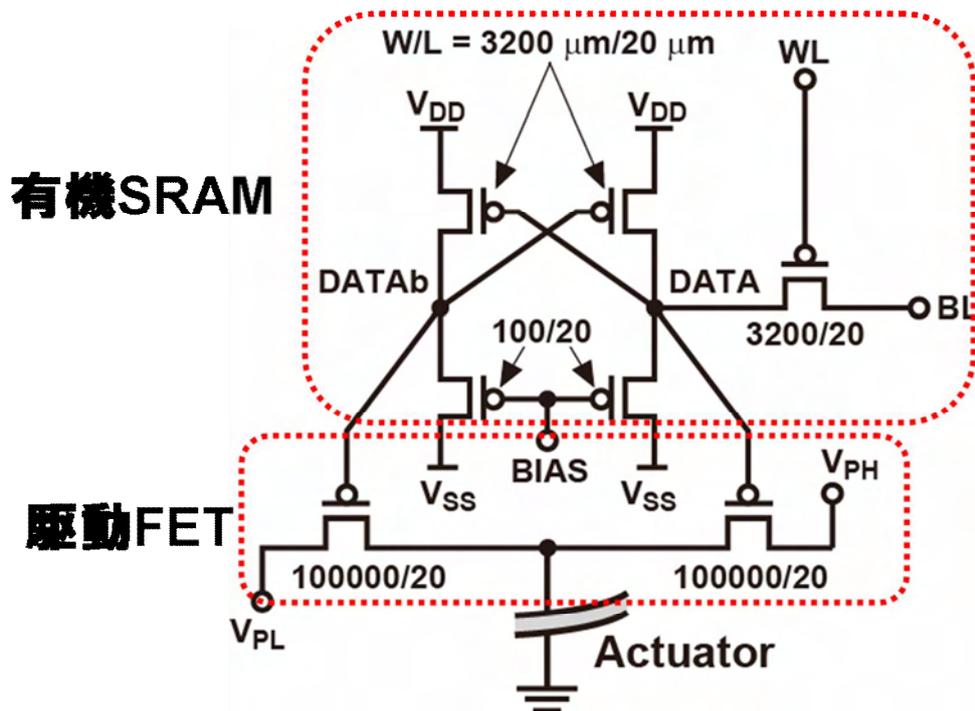


図1 有機FETによるアクチュエータ駆動回路図

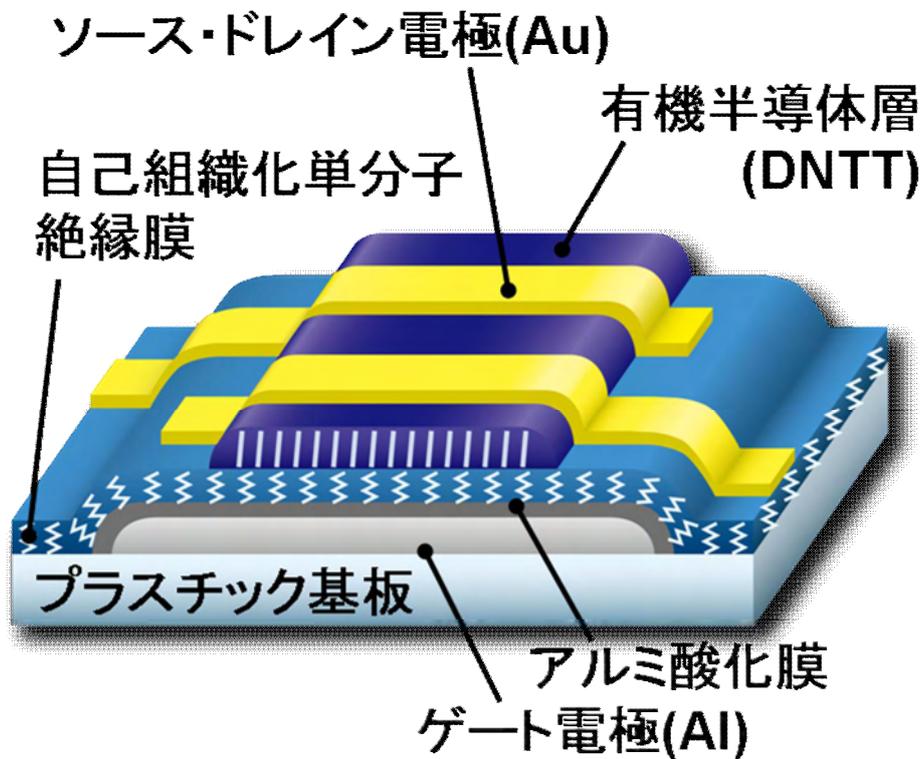


図2 有機FETの断面構造図